

Effets du piétinement de printemps sur un peuplement de trèfle blanc pur ou en association

F. Vertès¹, L. Le Corre¹, J.C. Simon¹, J.M. Rivière²

L'ensemble des observations accumulées par les agriculteurs, les techniciens du Développement et les scientifiques sur le comportement du trèfle dans les pâturages de ray-grass anglais - trèfle blanc (ITEB, 1987) oriente les recherches vers l'étude de l'impact du piétinement des bovins (relations animal-sol-plante). L'expérimentation réalisée ici a voulu dissocier le piétinement de la consommation et des apports de déjections, autres effets de la présence des animaux sur une parcelle. Si, dans la plupart des situations expérimentales, le trèfle pousse bien dans l'association, il arrive souvent que le pâturage amplifie sa variabilité naturelle de comportement. De spectaculaires régressions du trèfle contribuent à la réticence des agriculteurs à opter pour cette culture.

Le piétinement peut agir sur plusieurs critères :

— la morphologie des plantes : en blessant, sectionnant, écrasant ou enfonçant les stolons et les points végétatifs ;

MOTS CLÉS

Association végétale, composition morphologique, croissance, piétinement, production fourragère, trèfle blanc.

KEY-WORDS

Forage production, growth, mixed sward, morphological composition, treading, white clover.

AUTEURS

1 : I.N.R.A., Station d'Agronomie de Quimper (Finistère)

2 : E.N.S.A. de Rennes, Chaire de Sciences du Sol (Ille-et-Vilaine)

CORRESPONDANCE

F. Vertès, I.N.R.A., 4, rue de Stang Vihan, F 29000 Quimper.

— les caractéristiques des sols, par tassement : la compaction peut perturber les racines en place et handicaper la progression de nouvelles racines (effet renforcé par une sécheresse ultérieure) ;

— la structure spatiale de la végétation : le piétinement favorise, par la réouverture du couvert liée aux effets précédents, l'envahissement par des adventices (pâturin annuel par exemple), ou modifie la compétition selon les aptitudes respectives des 2 espèces à coloniser les plages nues.

Ces phénomènes qualitatifs étant récapitulés, il s'agit de vérifier quels sont les plus importants, dans un contexte donné de piétinement, d'essayer de quantifier les dégâts et de connaître leurs conséquences à court terme. Les observations rapportées ici concernent les deux repousses suivant un piétinement de printemps.

Protocole expérimental

• Un piétinement intense, sans consommation ni apport de déjections

Les parcelles choisies ont été implantées au printemps 1985 dans de bonnes conditions, puis fauchées à chaque repousse (5 fois par an). Le champ expérimental est situé au sud de Quimper, sur sol granitique profond (COPPENET et RAMPON, 1967) de texture sablo-limoneuse (sables grossiers : 31 %, sables fins : 17 %, limons grossiers : 17 %, limons fins : 18 %, argile : 17 %), riche en matière organique (5 %).

Le piétinement a eu lieu le 8 avril 1987, après une coupe rase à la tondeuse (3 cm) permettant d'éviter la consommation par les animaux, et pendant un temps court afin de limiter les apports de déjections (les vaches étant alors poussées vers le ray-grass pur, non suivi). La figure 1 présente le dispositif expérimental. Cinq vaches (600 kg en moyenne) ont été menées de long en large pendant 20 mn sur les blocs 2 et 3, puis rassemblées 25 minutes sur le seul bloc 3. Le choix du temps de piétinement s'est fait empiriquement par l'observation de la physionomie de la végétation et du comportement des animaux.

Les conditions climatiques au moment de l'intervention et au cours des deux repousses étudiées sont indiquées figure 2. Bien que les pluies de la première décade aient été abondantes (68 mm en 3 jours), le ressuyage des sols granitiques est très rapide et la relativement bonne portance a limité les dégâts infligés aux plantes.

Après un début de printemps froid et sec (avril et début mai), les pluies assez abondantes et les températures modérées ont été favorables à la croissance de l'herbe et surtout du ray-grass.

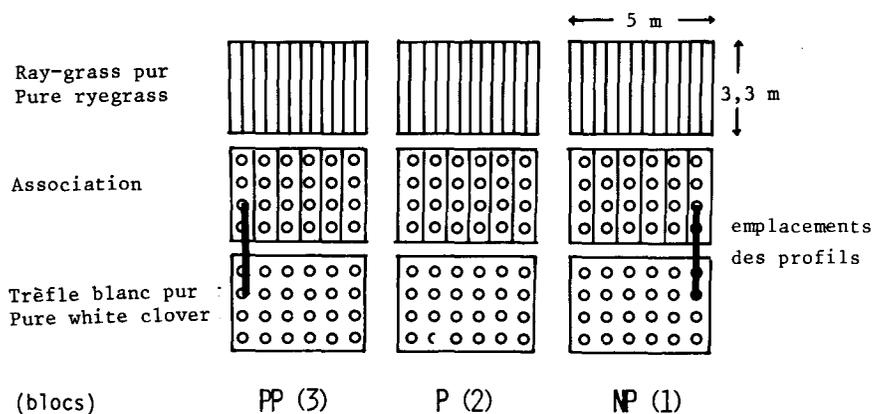


FIGURE 1 : Dispositif expérimental (Kerbernes)

FIGURE 1 : Experimental lay-out (Kerbernes)

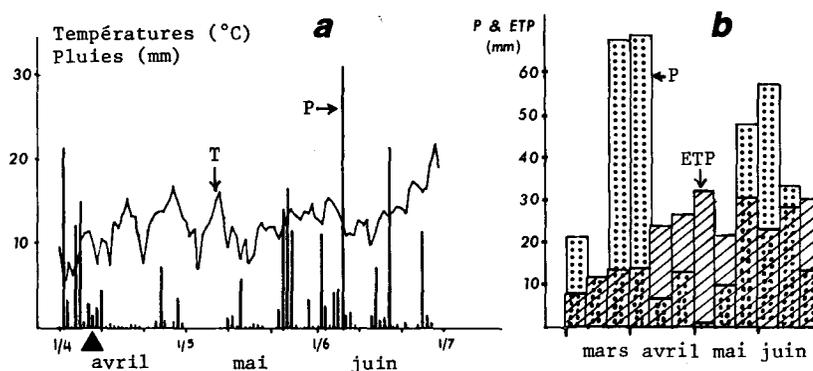


FIGURE 2 : Conditions climatiques au cours des observations (mars à juin 1987)

a — températures (T) et précipitations (P) journalières

b — précipitations (P) et ETP décadaires

FIGURE 2 : Climatic conditions during observations (march-june 1987)

a — daily temperatures (T) and rainfall (P)

b — rainfall (P) and potential evaporation values for periods of 10 days (ETP)

• Des mesures précises sur la végétation

Les mesures de biomasse et de morphologie ont été réalisées les 8 avril (point 0 avant la coupe générale et le piétinement), 27 avril, 11 mai (fin de première repousse des trèfles purs) et 18-20 mai (fin de première repousse des associations).

La biomasse a été estimée à différents degrés de la croissance par 4 prélèvements de 0,25 m² (coupe rase à la cisaille). Compte-tenu de l'homogénéité de la végétation en début d'expérimentation, cette estimation est assez précise.

Pour la morphologie, l'état initial et la caractérisation ultérieure des couverts ont été effectués selon les modalités suivantes : sur 4 à 6 prélèvements de 15 × 15 cm à l'emporte-pièce par traitement (trèfle pur ou en association, témoin et 2 intensités de piétinement) sont mesurés :

— la matière sèche de trèfle et de ray-grass (comparée aux estimations sur 4 × 0,25 m²) ;

— le nombre de feuilles de trèfle par m² (pliées, déployées, mortes), le nombre de fleurs ;

— le nombre de talles du ray-grass par m² ;

— le nombre de points végétatifs par m² (un point végétatif est compté quand il présente au moins une feuille dont les nervures sont visibles), différenciés en plusieurs catégories (cf. le § sur les changements morphologiques induits par le piétinement) ;

— l'enracinement des points végétatifs ;

— la longueur et la masse des stolons vivants et morts, le nombre de "blessures" observées par m² ;

— la masse de racines de trèfle et une estimation de la nodulation (nulle, faible ou normale).

La variabilité constatée à grande échelle est d'autant plus forte que le peuplement végétal a été plus perturbé. Elle est décrite à l'aide d'une cartographie (BOYER et GUILLAUME, 1985 ; POINEUF, 1984) avec une grille de notation de 1 (végétation intacte) à 5 (très gros dégâts). La variabilité est explorée par le choix des carrés prélevés.

Avant l'entrée des animaux, 100 stolons par traitement ont été marqués pour estimer la proportion de stolons enterrés, abîmés ou intacts. Ce marquage n'a pu être retrouvé après la sortie des animaux. La mise au point d'une technique adaptée permettrait un progrès rapide dans la compréhension de l'action des animaux (LEMAIRE, 1987).

Résultats

• Effets dépressifs du piétinement sur la croissance (1^{re} repousse)

L'étude des courbes de croissance (figure 3) met en évidence les réactions à court terme de la végétation (SALETTE et LEMAIRE, 1981). Le trèfle pur non piétiné (NP) fournit une biomasse maximale de 4,85 t MS/ha en 42 jours de repousse,

confirmant les bonnes performances observées par COPPENET et LE CORRE en 1963 sur un sol granitique comparable. Les vitesses de croissance sont de l'ordre de celles des graminées (jusqu'à 150 kg MS/ha/j). Seul le trèfle pur très piétiné (PP) est affecté dès le début sans rattrapage en fin de repousse. Les parcelles mixtes fournissent en fin de repousse une même biomasse de 4,15 t MS/ha quel que soit le piétinement, chiffre également atteint par le trèfle pur peu piétiné (P).

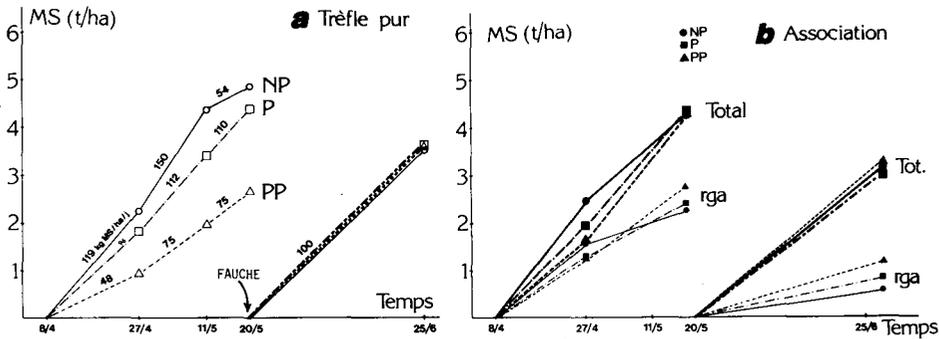


FIGURE 3 : Cinétiques de croissance au cours des 2 premières repousses de printemps (NP : non piétiné, P : piétiné, PP : intensément piétiné)

a — trèfle blanc pur
b — association ray-grass anglais (rga) - trèfle blanc

FIGURE 3 : Growth kinetics during the first 2 Spring regrowth periods (NP : untrodnen, P : trodden, PP : intensely trodden)

a — pure white clover
b — white clover mixed with perennial rye-grass (rga)

En peuplements mixtes, on remarque l'important effet dépressif du piétinement sur la biomasse de trèfle (-22%), compensé en biomasse totale par l'augmentation de production du ray-grass.

Quels que soient le bloc et le traitement considérés, le piétinement entraîne une diminution de production du trèfle dans les premières semaines.

En deuxième repousse, on constate un rattrapage complet en biomasse aérienne dans les 3 traitements de trèfle pur, sans arrière-effet négatif du comportement en première repousse. Les trois traitements de l'association présentent une même biomasse totale - légèrement inférieure à celle du trèfle pur - mais des taux de trèfle différents : la part du trèfle est d'autant plus faible que le piétinement a été plus intense.

L'augmentation de la production du ray-grass en conditions piétinées s'explique par un nombre de talles légèrement plus élevé et surtout par un poids moyen des talles supérieur (30% de plus en PP par rapport à NP).

Le piétinement, réalisé en conditions assez portantes et sur un couvert dense et homogène, a donc favorisé le ray-grass en augmentant son tallage et en amoindrissant le trèfle, plus fragile. Le déficit de production est particulièrement important lors du premier contrôle.

La comparaison des résultats de 4 carrés de 0,25 m² ou de 4 à 6 carrés de 0,0225 m² (0,09 m² au lieu de 1 m²) confirme la bonne représentativité des petits prélèvements en trèfle pur (couvert très homogène), tandis que l'hétérogénéité des dégâts en couvert mixte nécessiterait un échantillonnage plus important : le travail de dépouillement très long et le souhait de suivre au moins pendant 2 repousses l'évolution des couverts (et donc de limiter les surfaces prélevées), ainsi que la cohérence des résultats (malgré des intervalles d'incertitude élevés), justifient l'adoption de ces méthodes de suivi.

• Effets dépressifs à plus long terme sur les stolons

— Mortalité

Dans le trèfle pur, le piétinement entraîne une importante mortalité des stolons par écrasement (figure 4) : déficit de 30 à 35 % dans le trèfle pur piétiné (P ou PP), alors que le déficit de stolons du trèfle en association n'est significatif que pour le traitement PP.

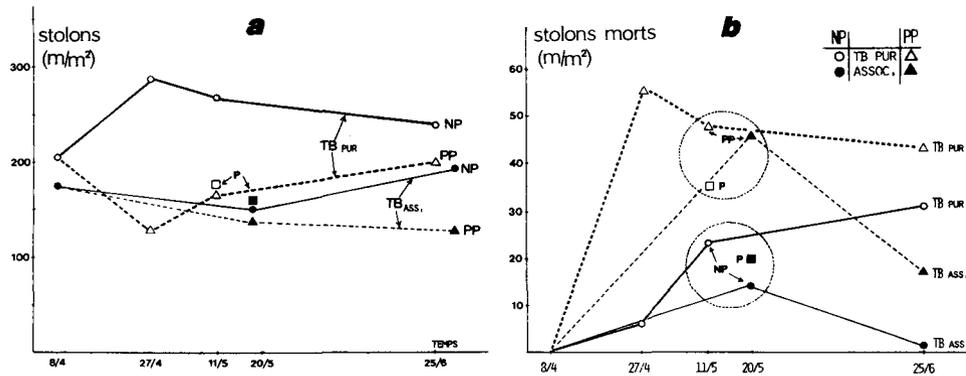


FIGURE 4 : Evolution au cours du temps des longueurs de stolons du trèfle blanc (TB) pur ou associé selon l'intensité de piétinement (NP, P, PP) :

a — stolons vivants
b — stolons morts

FIGURE 4 : Evolution in time of lengths of clover stolons, for pure (TB pur) or mixed white clover (TB ass) under different treading intensities (NP, P, PP) :

a — living stolons
b — dead stolons

On observe une même longueur de stolons morts dans les trèfles purs P et PP et dans le trèfle de l'association PP, tandis que la mortalité "naturelle" des blocs non piétinés est faible (renouvellement des organes et consommation par la faune).

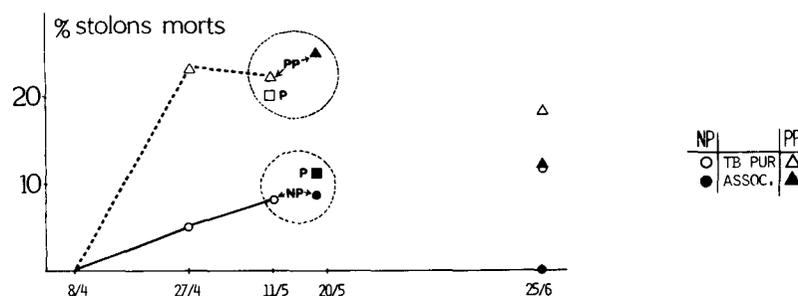


FIGURE 5 : Evolution du pourcentage de stolons morts du trèfle blanc (TB) pur ou associé selon l'intensité du piétinement

FIGURE 5 : Evolution of the proportion of dead pure or mixed white clover (TB) stolons according to treading intensity

L'expression en pourcentage des longueurs de stolons morts (figure 5) différencie les blocs sensibles au piétinement (trèfle pur P et PP, trèfle associé PP) des blocs peu ou pas affectés (trèfle associé P et NP, trèfle pur NP). Malgré un stock de stolons enchevêtrés important au début de l'expérimentation, le trèfle pur en a perdu dans un premier temps la moitié (figure 4a). Cependant un rattrapage apparaît déjà en fin de repousse et se confirme fin juin, où le décalage n'est plus que de 10%. Il faut noter que les conditions climatiques ont été favorables à une bonne croissance de l'herbe (sécheresse modérée de printemps, aucune autre perturbation après le piétinement), de même qu'en 1986 où de spectaculaires croissances de fin de printemps avaient été observées après des sorties à l'herbe en mauvaises conditions.

L'incidence du piétinement sur le trèfle associé est différente : le tapis dense formé par les bases des gaines du ray-grass et le chevelu racinaire limitent l'ouverture du couvert et protègent les stolons du trèfle, lorsqu'il est soumis à un piétinement limité (P). Cela correspond à l'assez bonne résistance d'une prairie pérenne bien implantée lors d'un pâturage en conditions médiocres. En revanche, si la mortalité a été moindre lors du passage des animaux, le trèfle est affecté indirectement par l'augmentation de croissance du ray-grass (cf. plus haut). La longueur des stolons du bloc très piétiné est de 30% inférieure en fin de deuxième repousse par rapport à l'association témoin, le trèfle subissant une pression de compétition qui accentue le faible désavantage de départ.

Il semble donc que, par stimulation du ray-grass, le piétinement modéré d'une prairie mixte ait des conséquences durables sur le développement ultérieur du trèfle, malgré la protection de la graminée, tandis qu'en peuplement pur, facilement

réouvert dans un premier temps, le trèfle recolonise les surfaces disponibles pour peu que les conditions climatiques soient favorables à sa croissance.

Malgré l'imprécision des déterminations de longueur des stolons, la comparaison des longueurs totales (vivants + morts) mesurées confirme la cohérence des résultats (tableau 1).

	8 avril		18 mai		
	NP	NP	P	PP	
Trèfle blanc pur :	- stolons vivants	206	268	177	165
	- stolons vivants + morts		290	210	210
Trèfle blanc associé :	- stolons vivants	174	151	160	138
	- stolons vivants + morts		165	180	185

TABLEAU 1 : Longueurs des stolons (en m/m²) de trèfle blanc en fin de repousse, selon l'intensité du piétinement (NP, P, PP)

TABLE 1 : Length of white clover stolons (m/m²) at end of regrowth period according to treading intensity (NP, P, PP)

— Blessures

Le nombre de blessures sur les stolons vivants varie avec l'intensité de piétinement (les chiffres cités concernent le trèfle pur) : en fin de repousse, 300 traces d'impacts par m² (PP) > 170 (P) > 70 (NP), ainsi qu'en fonction de la date d'observation : à 19 jours de repousse, il y avait 600 traces d'impacts par m² en PP (aucune trace en NP) ; à 32 jours, on en compte 300. Une partie des stolons, seulement touchés lors de la première observation, étaient nécrosés en fin de repousse.

— Masses linéiques

Dans les blocs sensibles au piétinement, la masse linéique des stolons apparaît légèrement supérieure :

* PP = P > NP de 30 % en trèfle pur,

* PP > P = NP de 15 % en association.

Cette constatation s'explique par la croissance plus forte des stolons sains (NP, longs entre-nœuds), qui entraîne une diminution de la masse linéique. L'élongation étant particulièrement vigoureuse dans le trèfle pur, le décalage est plus grand. En revanche, en valeur absolue (tableau 2), la compétition pour la lumière avec le raygrass entraînant une forte élongation des pétioles, l'ensemble des stolons du trèfle en association a une masse linéaire inférieure à celle des trèfles purs correspondants (mobilisation des réserves carbonées).

Date	8 avril		18-20 mai		
	NP	NP	P	PP	
Traitement					
Trèfle blanc pur	1,08	1,07	1,30	1,32	
Trèfle blanc associé	0,74	0,82	0,83	0,95	

TABLEAU 2 : Masses linéiques (en g/m) des stolons de trèfle blanc selon l'intensité du piétinement (NP, P, PP)

TABLE 2 : *Linear weight of white clover stolons (g/m) according to treading intensity (NP, P, PP)*

Enfin, les masses linéaires des stolons morts, estimées malgré les difficultés d'extraction de stolons plus ou moins dilacérés, sont peu différentes de celles des stolons vivants : il ne semblerait pas intervenir de migrations de réserves vers les parties saines à la suite de l'écrasement.

• Conséquences sur l'enracinement

— Profils culturaux

Deux tranchées ont été creusées en fin de première repousse, dans les blocs NP et PP, pour comparer l'enracinement et les caractéristiques structurales des sols (cf. figure 1). Les photos (figure 6) montrent la forte réduction de l'enracinement après piétinement : la compaction sur les 20 premiers cm a écrasé une partie des racines préexistantes tandis que de nouvelles racines se sont développées en surface (blanches, vigoureuses) avant de recoloniser le profil grâce aux galeries de vers de terre (cf. RIVIERE, 1984) et aux fissures et aux fentes de retrait. Il apparaît donc le même genre d'atteintes que pour les stolons ; les conséquences seront liées aux conditions climatiques ultérieures.

Des mesures de conduction hydrique permettent d'exprimer les conséquences du piétinement sur la porosité des sols et la circulation de l'eau. On a prélevé 1 échantillon par parcelle dans les 4 traitements suivants : trèfle pur NP et PP, association NP et PP, entre 5 et 10 cm de profondeur.

Rappelons que la compaction modifie la taille des pores et la proportion des différentes catégories de pores : en dessous de la capacité au champ ($pF = 1,8$), les trous de plus de 30 microns (limite de perception de l'œil) sont plus ou moins saturés d'eau (dite gravitaire à écoulement rapide). Ces dimensions correspondent aux racines conductrices. Entre la capacité au champ et la capacité de rétention ($pF = 2,8$), les trous de 8 à 30 microns (limite de perception à la loupe) sont plus ou moins pleins d'eau (dite gravitaire à écoulement lent). Enfin, entre $pF 2,8$ et $pF 4,2$ (point de flétrissement permanent), les pores de moins de 8 microns sont plus ou moins

saturés en eau "capillaire". Les dimensions concernées correspondent aux parties absorbantes des racines.

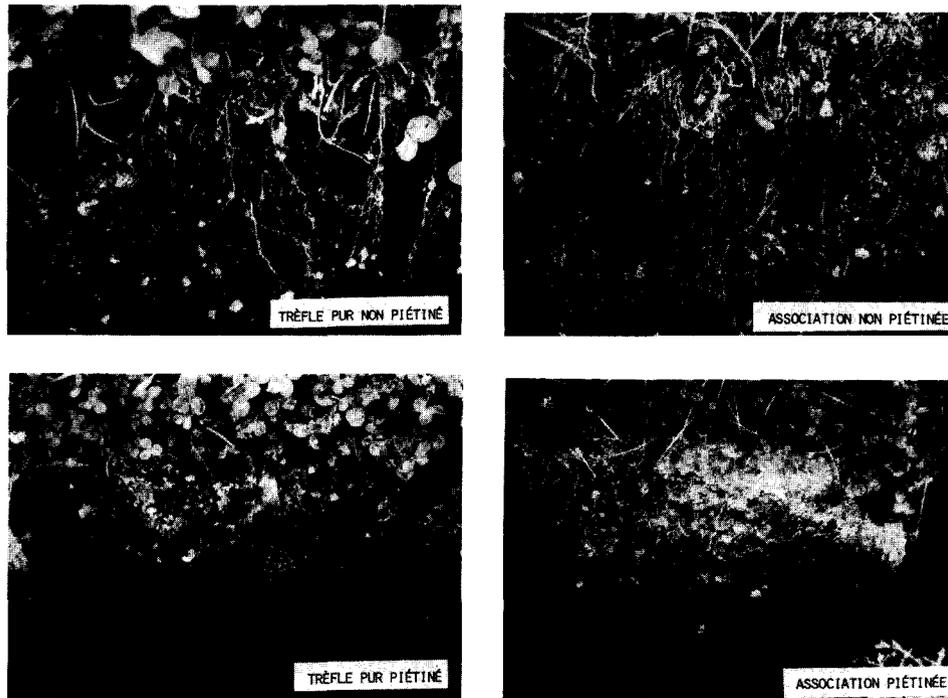


FIGURE 6 : Comparaison des profils d'enracinement de 4 traitements : trèfle blanc pur ou en association, non piétiné ou très piétiné

FIGURE 6 : Comparison of rooting profiles of 4 treatments : mixed or pure white clover, untrodden or intensely trodden

La principale conséquence du piétinement est donc ici la réduction des pores de grandes dimensions, ce qui est très visible aux faibles pF dans les figures 7a et 7b. A même pF, la teneur en eau du sol est plus élevée dans l'association non piétinée, puis dans le trèfle pur non piétiné, et enfin dans les deux couverts piétinés. Il semble que le chevelu racinaire dense du ray-grass favorise l'aération du sol, avantage disparu après compaction.

L'expression des humidités volumiques correspond mieux à la prospection des racines et fait nuancer les conclusions : si aux bas pF (teneur en eau > capacité au champ), le classement par les teneurs en eau est le même que précédemment, on constate une inversion aux pF plus élevés : en diminuant la taille des pores, le piétinement aurait entraîné une légère augmentation des retenues d'eau capillaire,

disponible pour la plante, dans les conditions d'humidité courantes. Comme l'avait évoqué MORLON (1983), la modification de structure peut permettre une amélioration de la circulation d'eau capillaire et favoriser la remontée d'eau du sous-sol, surtout en sol granitique léger.

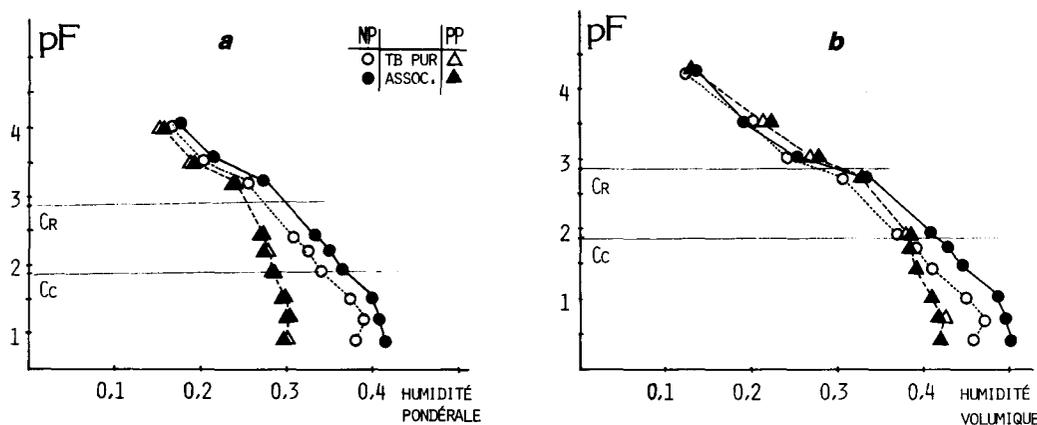


FIGURE 7 : Comportement hydrique des sols en fonction du peuplement végétal et de l'intensité du piétinement
a — humidité pondérale / b — humidité volumique

FIGURE 7 : Water status of soils according to sward type and treading intensity
a — water weight / b — water volume

La réserve en eau utile semble légèrement diminuée par la compaction : elle passe de 20% à 17% du volume de terre.

Si les méthodes évoquées ici apparaissent intéressantes, il faut noter qu'elles sont très lourdes en travail de laboratoire et qu'il n'a pas été possible de tester la représentativité des échantillons prélevés. Un travail moins astreignant consisterait à mesurer les densités apparentes (dont les modifications expliquent les différences entre les deux types de courbes de rétention) et à suivre l'évolution des profils hydriques. La complémentarité des mesures de biomasses racinaires, de répartition des racines et de comportement hydrique des sols devrait permettre de préciser les conséquences à moyen terme du piétinement sur le fonctionnement du couvert.

Enfin, le type de sol est essentiel dans l'interprétation : la même perturbation sur sol limoneux aura des conséquences de compaction plus durables que sur sol granitique.

— Biomasses racinaires

La récolte des racines est assez peu précise (extraction à la main par lavage), puisque une partie des radicelles reste en terre. Cette imprécision étant moins forte

sur les masses que sur les longueurs, la première donnée peut être utilisée pour comparer des tendances, sans permettre de donner des valeurs absolues.

La masse de racines apparaît maximale en conditions non piétinées (récolte en fin de repousse dans les 15 premiers cm de sol), 90 g/m² au lieu de 30-35 g/m² en PP, cette tendance se confirmant au sein des blocs PP par la hiérarchie entre les prélèvements selon l'abondance du trèfle : les notes 4-5 présentent plus de racines que les notes 1-2-3, les notes 5 "PP" restant inférieures au 5 "NP". L'écrasement des racines dans les mottes compactées, constaté dans les profils culturaux, se retrouve donc quantitativement.

On constate également des différences d'enracinement des ramifications : dans le trèfle pur NP, 10 % des points végétatifs sont enracinés à moins de 3 cm de l'extrémité, alors que dans le trèfle pur PP, 40 % des points sont enracinés. Cela s'explique à la fois par la croissance rapide et vigoureuse des trèfles purs NP, alimentés par un système racinaire actif, et dont les apex commencent à croître en hauteur, et par le fait que le piétinement, en plaquant les stolons sur le sol, favorise leur enracinement. Cette aptitude plus ou moins grande des fractions de stolons séparés du pied-mère à s'enraciner pour poursuivre une croissance autonome est certainement l'un des points clés de l'interprétation des dégâts consécutifs au pâturage.

• Le piétinement induit des changements morphologiques durables

De même que la talle constitue l'unité fonctionnelle d'une graminée fourragère, un segment de stolon comportant un point végétatif (PV) en croissance peut être considéré comme un module de base du trèfle (A.DAVIES, communication personnelle).

Trois types de ramifications (R) ont été distingués (figure 8) :

— les apex principaux (apex I), extrémités de stolons vigoureux à entre-nœuds développés ;

— les apex secondaires (apex II), extrémités de stolons courts et en faible croissance ;

— les points axillaires (PA), comprenant au moins une feuille dépliée et un bourgeon. Ils peuvent être les premiers stades de développement de futurs apex, des ramifications latentes (dominance apicale) ou en voie de régression.

Il apparaît nécessaire d'introduire ces distinctions pour bien interpréter les différences de comportement observées (SIMON et GASTAL, 1989).

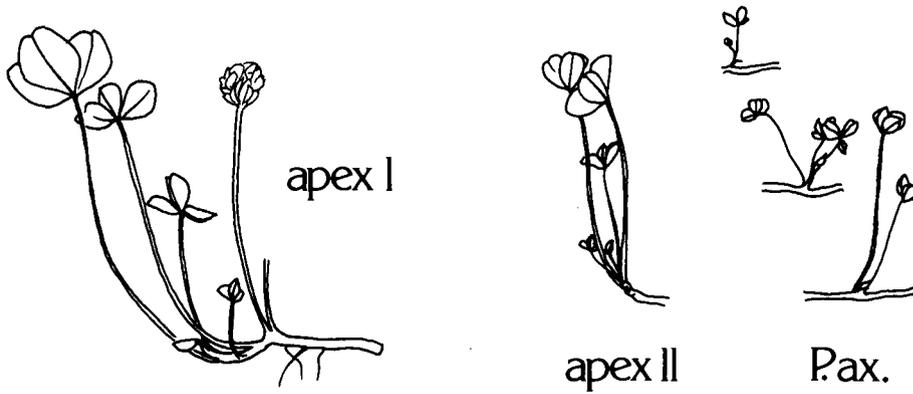


FIGURE 8 : Différents types de points végétatifs du trèfle blanc (p. ax. : point axillaire)
 FIGURE 8 : Different types of vegetative points of white clover (p. ax. : axillary point)

— Différences morphologiques

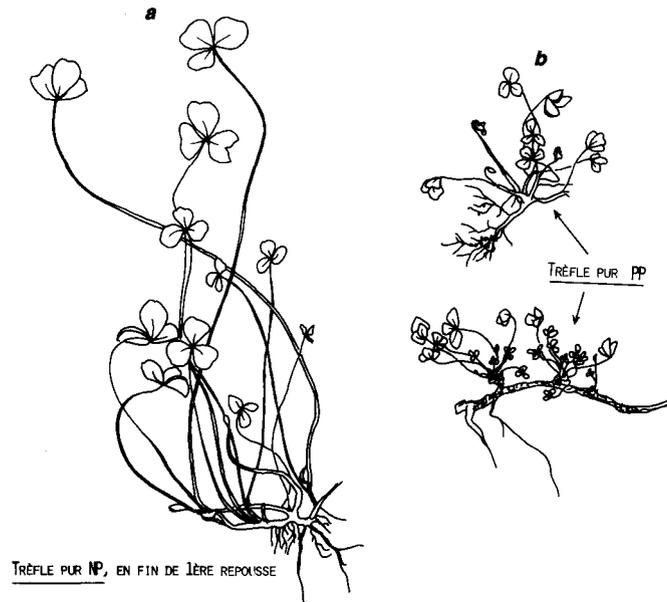


FIGURE 9 : Différences morphologiques induites par le piétinement sur le trèfle blanc
 a — plante non piétinée
 b — plantes issues du bloc très piétiné, après 35 jours de repousse
 FIGURE 9 : Morphological differences brought about by the treading of white clover
 a — untrodden plant
 b — plants from intensely trodden plots after 35 days regrowth

La morphologie des plantes varie avec l'intensité du piétinement (réponse dès la repousse) : en couvert NP, les stolons en pleine croissance sont alimentés par des grandes feuilles à long pétiole (compétition pour la lumière) et à grande surface de limbe, tandis que les plantes du couvert PP présentent de très nombreuses petites feuilles (figure 9), élaborées sur des "nœuds" de ramifications courtes et ramassées. L'effet de la lumière (petites feuilles, ramifications courtes) est accentué par les dommages infligés et l'on constate une reprise de la croissance en "étoile".

— Relations entre nombre de ramifications et production

Avant la coupe du 8 avril, on compte 2300 ramifications/m² dans l'association, dont 54% d'apex, et 5300 R/m² dans le trèfle pur, dont 20% d'apex. L'étude des relations entre le nombre et les types de ramifications et la biomasse, et l'étude de l'évolution de ces relations en fonction des traitements et du temps peuvent permettre d'interpréter les différences de comportement observées jusqu'ici de façon globale et de mettre en évidence des éléments de diagnostic d'état.

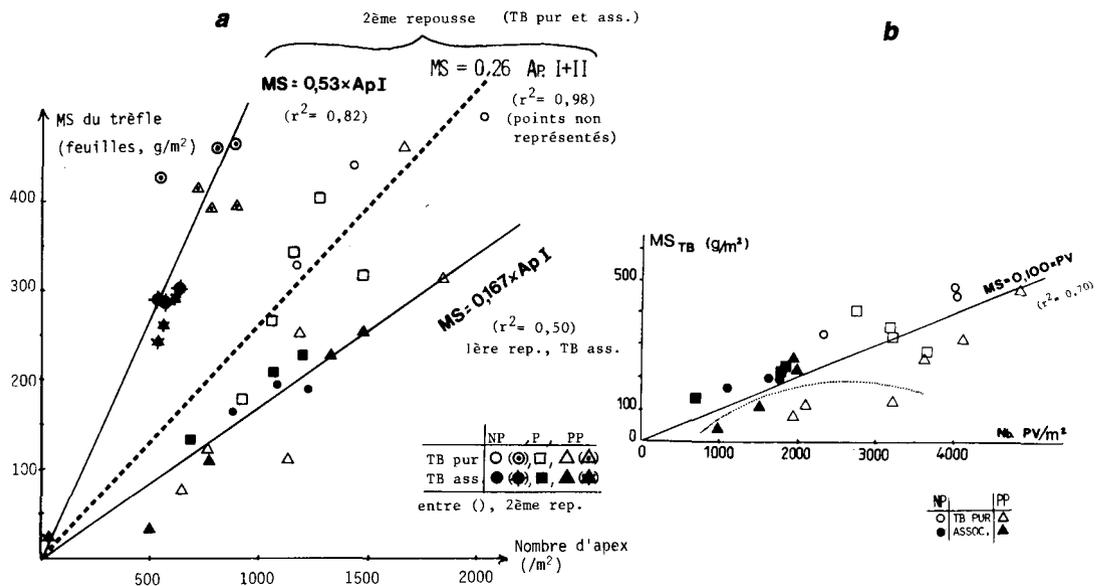


FIGURE 10 : Relation selon l'intensité du piétinement (NP, P, PP) entre la biomasse aérienne du trèfle (en g/m²) et :

- a — le nombre d'apex, en fin de première et de deuxième repousses
- b — le nombre de points végétatifs en fin de première repousse

FIGURE 10 : Relationship, according to intensity of treading (NP, P, PP), between aerial biomass of clover (g/m²) and :

- a — apex numbers at end of first and second regrowth periods
- b — number of vegetative points at end of first regrowth period

La figure 10a montre une bonne corrélation entre la biomasse aérienne en fin de repousse et le nombre d'apex dans l'association. Cette corrélation n'est pas valable pour le trèfle pur. Ceci traduit l'importance supérieure des "apex I" dans la croissance du trèfle en association, l'ensemble des points végétatifs intervenant dans celle du trèfle pur. Les ramifications du trèfle pur présentent de plus longs entrenœuds, avec une croissance précoce et vigoureuse indiquant un meilleur éclaircissement en début de repousse (par rapport au trèfle en association). En fin de deuxième repousse, une nouvelle relation valable pour tous les traitements exprime le rôle important des "apex I" ainsi que l'évolution de leur taille : une biomasse aérienne plus forte correspond à un moindre nombre d'apex. On remarque la faible variabilité des résultats.

La figure 10b illustre la relation entre la biomasse aérienne en fin de repousse et le nombre total de points végétatifs. Le trèfle pur ou en association présente les mêmes caractéristiques et les 5 points qui s'éloignent de la droite correspondent à des zones fortement perturbées (notes 1-2). Les ramifications ont été endommagées, et même lorsqu'une reprise de croissance s'effectue, leur contribution à la biomasse reste faible. L'ensemble des points PP se trouve sous les points des traitements P et NP.

La figure 11 montre l'évolution en fonction du temps de la relation entre le nombre total de ramifications et la biomasse totale de trèfle (feuilles et stolons). En début de printemps, un grand nombre de ramifications ne constituent qu'une faible biomasse, la relation étant meilleure en considérant la biomasse totale de trèfle que les seules feuilles. En fin de repousse (fin mai), les ramifications sont moins nombreuses mais représentent une biomasse élevée. La même relation reste valable pour les observations de fin de deuxième repousse : le rapprochement avec d'autres expérimentations réalisées à Quimper permet de penser que la relation établie ici entre nombre de ramifications et biomasse totale en fin de repousse est assez stable et exprime l'équilibre atteint en conditions "normales" de compétition pour la lumière (principal facteur limitant dans nos conditions d'expérimentation). On remarque enfin que les zones les plus perturbées (notes 1-2-3) contiennent des plantes à très petites feuilles sur des stolons à entrenœuds courts, morphologie très proche de celle des plantes en sortie d'hiver et qui explique la position des points correspondants sur la droite A).

Discussion - Conclusions

Les problèmes d'échantillonnage (représentativité) inhérents aux observations en champ (lourdeur du recueil des données limitant les prélèvements) ne permettent pas d'extrapoler des valeurs absolues mais fournissent des indications de ten-

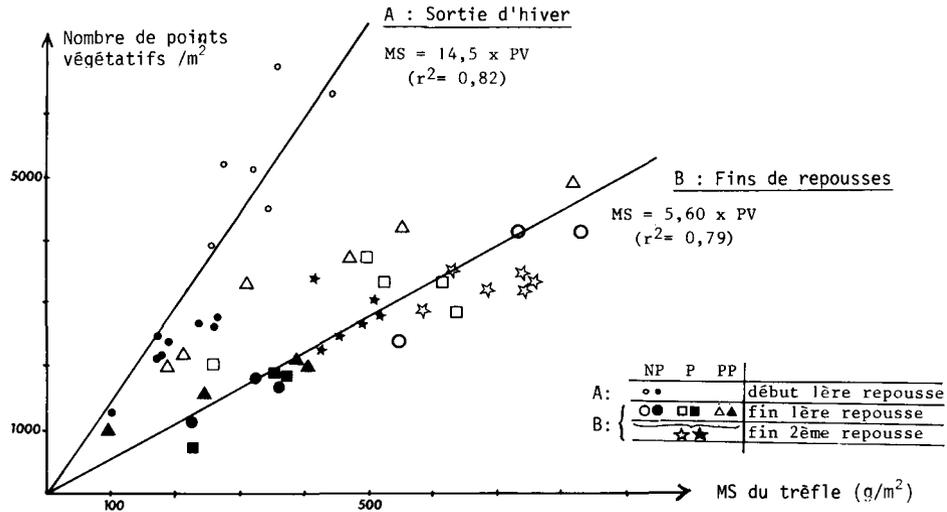


FIGURE 11 : Relation entre le nombre de points végétatifs et la biomasse totale de trèfle blanc (feuilles et stolons) en fonction de la saison, du temps de repousse et de l'intensité du piétinement (NP, P, PP)

FIGURE 11 : Relationship between the number of vegetative points and the total biomass of white clover (leaves and stolons) depending on the season, the duration of growth and the treading intensity (NP, P, PP)

dances et des bases valables de comparaison des traitements. Les relations animal-sol-plante sont encore mal connues quoique les études des effets du piétinement soient assez nombreuses (BROWN et EVANS, 1973 ; LANDURE et WARROT, 1982 ; revues bibliographiques de MORLON, 1983 ; RAWSKI, 1983 ; FELY, 1986) comparativement à d'autres aspects des effets du pâturage. L'étude de la démographie des organes, approche à échelle très détaillée, associée au choix de privilégier la diversité des renseignements plutôt que leur précision, nous a fourni des bases de travail solides dans un souci d'élaboration de diagnostic en conditions prairiales réelles.

Les conditions pédo-climatiques lors de l'essai ont créé un contexte d'entrée de parcelle, c'est-à-dire une surface réduite où passent de nombreux animaux sans séjourner ni consommer, et dont le sol subit un compactage important. On n'observe donc pas les dégâts traditionnels après la sortie des animaux en sol meuble, avec d'importants enfoncements, mais surtout des dégâts d'écrasement.

Ces limites étant rappelées, de nombreuses conclusions ressortent :

— les effets du piétinement sur la production totale sont limités dans le temps (en première repousse) et diffèrent selon les plantes et les intensités de piétinement :

le trèfle pur est plus sensible que l'association et, au sein de celle-ci, le ray-grass semble favorisé par un piétinement moyen (meilleur enracinement et tallage) ;

— la participation du trèfle à l'association diminue lors de la première repousse par destruction directe des feuilles et des stolons, lors des repousses suivantes par suite de la compétitivité accrue du ray-grass ;

— les dégâts directs sont importants sur le trèfle pur : on constate une mortalité élevée des stolons et une ouverture du couvert laissant environ 30 % de sol nu une semaine après la sortie des animaux ; le profil cultural révèle une nette compaction et l'écrasement des stolons et des racines (même sur un sol granitique de structure peu fragile) dans les 10-12 premiers cm ; le tapis dense formé par les gaines de la graminée et ses racines adventices a limité les lésions du trèfle dans l'association (seul le bloc PP a subi des dommages directs importants) ;

— un piétinement moyen favorise l'enracinement des ramifications, effet positif du pâturage dans une prairie bien installée ; comme le souligne MORLON (1983), il est essentiel de poursuivre les suivis de végétation pendant trois ou quatre ans pour conclure à des effets négatifs ou positifs du piétinement, une compensation pouvant intervenir dès les repousses suivant le passage des animaux du fait de ce meilleur enracinement et des modifications favorables de régime hydrique du sol liées à une compaction modérée ; cette compensation peut jouer sur la production globale de la prairie ou sur la contribution des espèces présentes : l'étude des facultés de reprise du trèfle doit donc se poursuivre (aptitude à refaire des racines, à reconstituer les nodosités abîmées...) ;

— les conditions climatiques postérieures au passage des animaux ont certainement un rôle primordial quoique difficile à bien interpréter : le temps relativement froid et sec d'avril a limité la croissance du ray-grass, permettant au trèfle de reconstituer son couvert lors des pluies de mai. Cela expliquerait une grande part des divergences d'observations, le trèfle bénéficiant ou non d'une régression de la graminée et, de façon générale, se comportant bien si la fin du printemps est humide. Le trèfle est "mobile", selon les termes de HARPER, et peut recoloniser rapidement les espaces ouverts, le pâturin annuel vite installé ne semblant pas constituer de barrage compétitif.

Pour porter un jugement sur les effets du piétinement, il semble nécessaire de s'intéresser :

— aux cinétiques de croissance des espèces présentes : les réactions "quantitatives" de la végétation sont plus rapides et sensibles que les modifications qualitatives ;

— aux quantités des divers types de ramifications dont la contribution à la biomasse et la sensibilité aux agressions sont très différentes (en parallèle avec les talles pour la graminée) ;

— aux quantités de stolons et à leur état sanitaire.

L'ensemble de ces données est malheureusement pour l'instant toujours difficile à obtenir, d'où le souci toujours présent de sélectionner les observations minimales les plus pertinentes pour établir des diagnostics.

La complexité des interactions entre le climat, le sol et entre les plantes des deux espèces rend difficile la prévision des effets d'un piétinement, bien que l'on comprenne mieux les modes d'action et que l'on maîtrise mieux les explications a posteriori en fonction de séquences climatiques. Les données du travail d'enquête mené en 1986-1987 en Bretagne (ITEB-EDE-INRA) devraient permettre d'affiner les prévisions en termes de risques.

Enfin, il s'agissait ici d'un piétinement de printemps, à la suite duquel les conditions météorologiques vont normalement en s'améliorant, ce qui peut permettre au trèfle de reconstituer sa végétation. Un essai analogue sera effectué en fin d'automne, dans un autre contexte de morphogénèse ; il permettra d'interpréter les observations "d'état de la végétation en sortie d'hiver".

Accepté pour publication le 20 octobre 1988

Remerciements

Nous tenons à remercier M. le Directeur du Lycée de Kerbernès (Finistère) et M. PHILIPPOT pour le prêt des animaux et l'aide apportée lors de la réalisation du piétinement, M. MEROT et Mme SIMON pour les mesures de comportement hydrique des sols.

Ce travail a bénéficié d'une aide du Ministère de la Recherche et de la Technologie (contrat trèfle blanc - Bretagne).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOYER S., GUILLAUME G. (1985) : *Etude au champ des effets du milieu et des techniques sur la croissance de l'association ray-grass anglais - trèfle blanc. Cas particulier de l'hydromorphie*, mémoire de fin d'études INAPG, INRA Agronomie QUIMPER, 59 p. + annexes.
- BROWN K.R., EVANS P.S. (1973) : "Animal treading : a review of the work of the late D.B. EDMOND", New Zealand, *J. of Exp. Agri.*, 1, 217-226.
- COPPENET M., RAMPON A. (1967) : "Contribution à l'étude des sols granitiques et schisteux de Bretagne", *Ann. Agron.*, 18(5), 455-484.
- FILY M. (1986) : *Interactions entre les plantes et les herbivores : caractères adaptatifs et dynamique de la végétation*, DEA d'Ecologie, Univ. Paul SABATIER, INRA - URSAD Toulouse, 36 p.
- HARPER J.L. (1977) : *Population biology of plants*, Academic Press, 892 p.
- I.T.E.B. et E.D.E. de Bretagne (1987) : *Intérêts des prairies de ray-grass anglais + trèfle blanc dans les exploitations laitières bretonnes*, synthèse d'observations 1982-1985, C.R. n° 87033, ITEB, 131 p.
- LANDURE A., WAROT G. (1982) : *Etude du piétinement par les bovins à la pâture en sol limoneux*, mémoire de fin d'étude ENSAR, ITCF La Jaillière, 99 p.
- MORLON P. (1983) : *Le piétinement des prairies pâturées par les animaux domestiques*, INRA-SAD Dijon, document interne, 97 p.
- MOULIA B. (1986) : *Contribution à l'étude de la fétuque élevée, du trèfle blanc et de leur association*, mémoire de fin d'étude ENITA, S.E.P.F. Lusignan, 61 p.
- POINEUF T. (1984) : *Contribution à l'étude de la variabilité de composition du mélange ray-grass anglais - trèfle blanc en conditions de pâture*, mémoire de fin d'étude ENSAR, Agronomie Quimper, 43 p. + annexes.
- RAWSKI C. (1983) : *Influence de la fréquentation des animaux sur les différents paramètres de la prairie (sol et végétation)*, mémoire de fin d'étude ENSAM, INRA - URSAD Toulouse, 35 p.
- LEMAIRE G. et SALETTE J. (1981) : "Analyse de l'influence de la température sur la croissance de printemps de graminées fourragères" *C.R. Acad. Sc. Paris*, 292, 843-846.
- SIMON J.C. et GASTAL F. (1989) : "Compétition pour la lumière et morphologie du trèfle blanc : émission des feuilles et des ramifications", *Agronomie*, 9(4).

RÉSUMÉ

Les effets du piétinement de printemps sur le trèfle blanc pur ou en association avec le ray-grass anglais ont été étudiés en parcelles expérimentales : au témoin non piétiné (NP) ont été comparées 2 intensités de piétinement, "normal" (P) et intense (PP), réalisées après des pluies importantes mais sur sol granitique riche en matière organique et donc bien structuré.

Les dégâts directs ont été surtout l'écrasement des stolons, le déficit de production aérienne étant maximal en première repousse pour le trèfle pur. La morphologie des plantes varie considérablement selon les traitements. La production totale de l'association est peu affectée par le piétinement, mais l'équilibre entre les 2 espèces est déplacé au profit du ray-grass anglais.

Cet avantage est confirmé en fin de deuxième repousse, où le trèfle reste désavantagé dans la compétition pour la lumière. En revanche, en peuplement pur, les blocs piétinés fournissent une biomasse aérienne égale à celle du témoin, tandis que le stock de stolons se reconstitue lentement.

Les profils culturaux permettent d'observer la destruction d'une grande partie des racines entre 5 et 15 cm de profondeur, zone compactée sous les 2 types de couverts, et l'émission de racines adventives vigoureuses en surface. La pluviométrie abondante du printemps 1987 explique en partie la bonne reprise du trèfle pur.

SUMMARY

Effects of cattle treading in Spring on a pure or mixed white clover sward

The effects of cattle treading in Spring on pure or mixed white clover swards have been studied in experimental plots : 2 treading intensities ("normal" -P- and intense treading -PP-) were compared to an untrodden control -NP-, all plots having been previously cut to avoid consumption by animals. The stocking-rate was 6 dairy cows on 66 m² during 20 mn (P and PP), then on 33 m² (PP) during 25 mn. The treatments were carried out after important rainfalls, but on a well-structured granitic soil, rich in organic matter. The observations concern growth curves, organ demography, plant morphology and soil characteristics.

Direct damages were mainly that stolons and roots were squashed rather than buried, the decrease of aerial yield being maximum for the first regrowth of pure clover. The plant morphology (organ size, branching organization, % of different growing point types...) was highly affected by treading. Mixed sward yield was not affected at the end of the regrowth, but the balance between the two species was modified, with a higher rye-grass production compensating the clover deficit.

This advantage was confirmed after the second regrowth : though there was less stolon destruction, clover was disadvantaged in the competition for light. In pure stands of clover on the other hand, trodden plots gave the same biomass, though stolons recovered more slowly.

Soil profiles showed the destruction of a large part of the roots, between 5 and 15 cm, and compacted zones under the two types of swards. Young roots appeared at the surface, the high rainfalls of Spring 1987 explaining for a part the good recovery of pure white clover.